

【技術ノート】

冬期水没型網場の開発

Development of Floating Screen for Intake

若松 力*
Chikara WAKAMATSU

1. まえがき

我国の産業活動の源となる電力エネルギーは、オイルショック以来、積極的に電源の多様化が推進されている。その中で、水力は純国産であり、循環タイプのクリーンエネルギーであることから、近年大いに見直されてきている。このことから、全国各所で中小水力を中心に積極的にその利用に取り組んでいるところである。

しかし、水力発電所は、その性質上、山岳地帯に建設される事が多く(発電量は流量Qと落差Heとの積で決定されるので、急峻な山の方が落差が大きくそれ有利である。)メンテナンスが困難であるという欠点がある。まして、積雪の多い地域ではさらに困難になる。

本報告の取水口網場も、従来、多積雪地域においては年間を通じて設置すると、冬期に雪害を受けることから冬の間だけ取り外して保管するなど、管理に苦慮していた。そこで、このたび年間を通じて設置が可能な網場の型式を考案し、富山県営上市川第二発電所の仕様に合わせ設計、製作、据付を行ったわけである。今回考案した網場は、冬期間、網場本体を雪や氷の影響のない水面下に水没させ、融雪出水前に再び浮上させて使用するというもので、全国でも事例のない方法である。

工事は、昭和59年12月、積雪前に現地据付が終り、無事冬越えをすることができた。また、60年5月の現地動作試験でも設計仕様通りの結果が得られたので、紹介を兼ね、その構造等について述べる。

2. 取水口網場の現状と問題点

ダムに流入してくる流木や小枝、落葉等の塵芥は、美

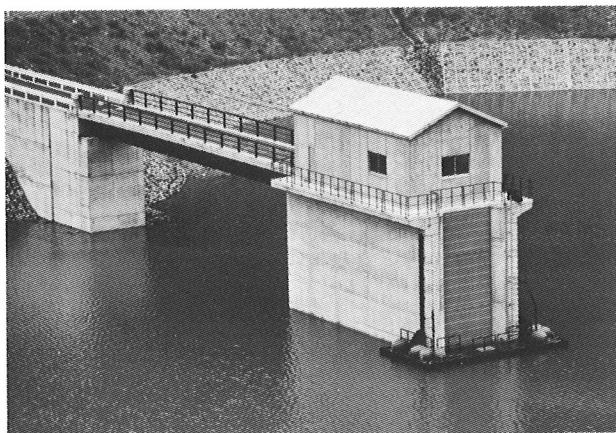


写真-1 供用中の網場

觀、衛生、流水の有効利用の上で好ましくなく、その対策として、一次処理用にはダム横断フロート等を設置している所が多い。また、一次処理設備を通過し、引水により取水口に集ってくる塵芥については、二次処理用として、取水利用水深の高低差の少ない所では自動除塵機を設置し、高低差の多い所では網場を設置している。

このように、網場とは、取水利用水深の高低差の多い取水口での取水に際し、水位の変化に追随し、塵芥の流入を防ぐ目的で設置される機械設備である。

さて、冬期渴水前に満水にして、その貯留水を融雪出水前まで発電に利用するダムにおいては、冬期に網場を取水口に設置した状態のままで放置すると、次のような状況になることが考えられる。(図-1参照)

- ① 渴水期前満水状態。
- ② 気温低下、降雪によりダムが積雪結氷する。
- ③ 発電による水位の低下が湖面の表面積を少なくし、雪氷が水平圧縮荷重となって網場に作用す

* 川田工業(株)富山本社技術部開発課

る。その影響で、網場は降下不能となり、空中に静止。

- ④ 気温の上昇や、水平圧縮荷重と網場自重とのバランスの変化等で、ついには落下。その衝撃でガイドレールや網場本体、スクリーンを破損。

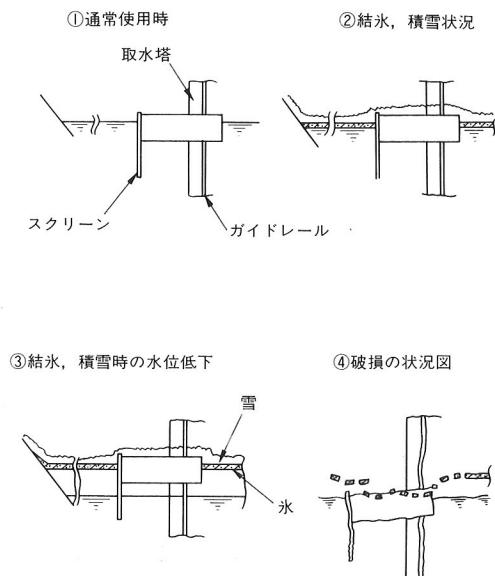


図-1 破損状況図

このような事故を防止するために現状では、冬期間、ガイドレールから外し、別の場所に繫留したり、陸に上げ保管する、あるいは巻上げ設備を設け、水面上に吊り上げたりしている。しかし、このような措置では、設備費、管理費がかなりの額となること、また、基本的な網場の機能である、融雪出水期の塵芥流入防止が果たされない、等の問題を抱えている。(写真-2参照)

写真-2 冬期繫留中の網場
(上市川第一発電所取水口)

3. 考案の経緯

(1) 方式の検討

前述のような問題を回避するためには、年間を通じて網場を設置することが要求され、そのための積雪対策、周辺雪水分離対策として、次のような方式が検討された。

- ヒーティング方式
- 散水方式
- 動力波浪方式
- エアレーション方式

しかし、いずれも一長一短があり、方式採用決定までは至らなかった。

このような中で、本体に充水することによる水没案が考えられ、何回もの検討の結果、以下に述べる方式に決定した。

(2) 水没方式の基本的考え方

図-2のように、冬期以外は従来の網場と同様に、浮体として取水位に追随し、塵芥流入を防止する。冬期には本体の一部に水を入れ水没させ、樹脂製フロートにより、雪氷の影響のない一定水面下に静止させる。(樹脂製フロートがないと、網場は湖底まで沈んでしまう。)そして、越冬後、入れた水を内蔵ポンプにて排出し、浮上させ、通常使用をする。以上が水没式網場の基本的考え方である。

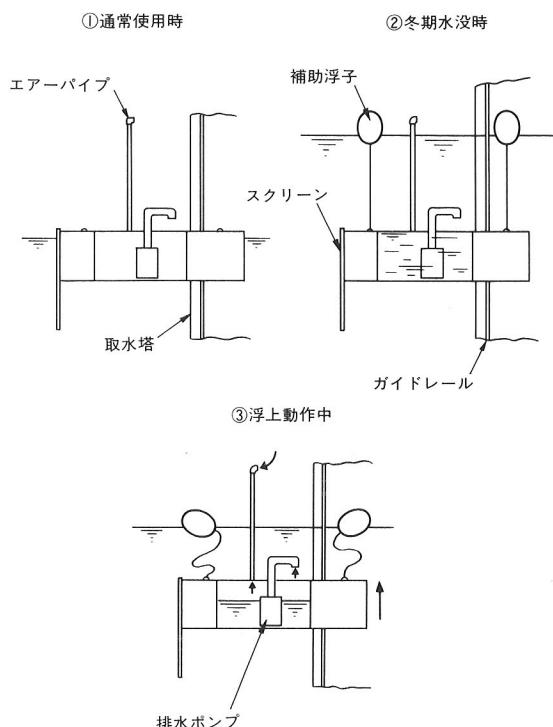


図-2 基本動作図

4. 構造

基本的には、取水塔に取り付けられたガイドレールに添って、浮体として水位に追随するタイプの網場である。図-3のように、本体の前面、側面、後面には 75×9

のフラットバーによるピッチ 75 mm、通常時の水面下 1.5 m のスクリーン①を設け、塵芥の流入を防いでいる。本体②は、鋼板により完全密閉のボックスタイプに作られており、ガイドレール③に沿って上下する。ここまでは、従来のタイプと大きく変わった構造ではない。次に水面下に水没させるための構造について述べる。

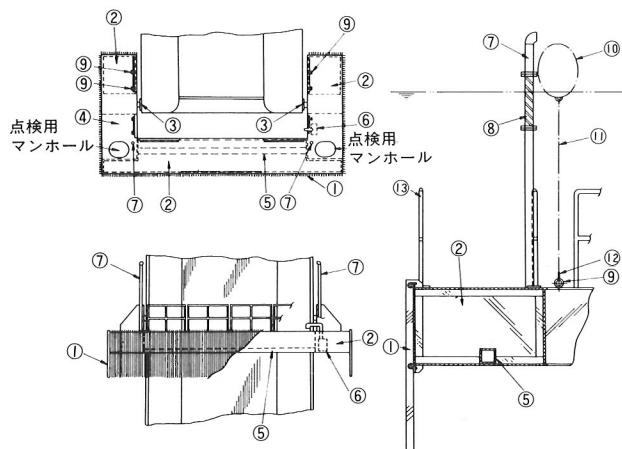


図-3 構造図

- a) 本体には左右に、水没させるために充水室④が設けられており、ステンレス製の角パイプ⑤にて連結されている。
- b) 正面から見て右側の充水室には排水ポンプ⑥が内蔵されており、越冬後の浮上の際に使用する。ポンプの電源は、取水塔上面に設置された自動巻取機構付のケーブルリールから、キャブティヤケーブルを下記に述べるエアーパイプ先端まで架空で取り付け、コネクターを介し、ポンプまで配線し、供給する。
- c) 左右の充水室には、それぞれ排水時のエアー供給用にエアーパイプ⑦が取付けられており、そのうち正面から見て右側のパイプは、充水する際の注水パイプをも兼ねている。なお、エアーパイプのうち、水没時に結氷が想定される部分約 80 cm については、氷による圧力や低温にも耐えられるフレキシブルなラバーパイプ⑧を使用している。
- d) 本体上面には、水没時に樹脂製フロートを連結するためのアイボルト⑨が取付けてある。なお、樹脂製フロート⑩は、クレモナロープ⑪で結ばれており、その先端にはカラビナを取付け、本体との着脱を容易にしている。
- e) 通常時起立している手摺⑬は、水没時には流水を阻害しないよう倒伏できるような構造としている。

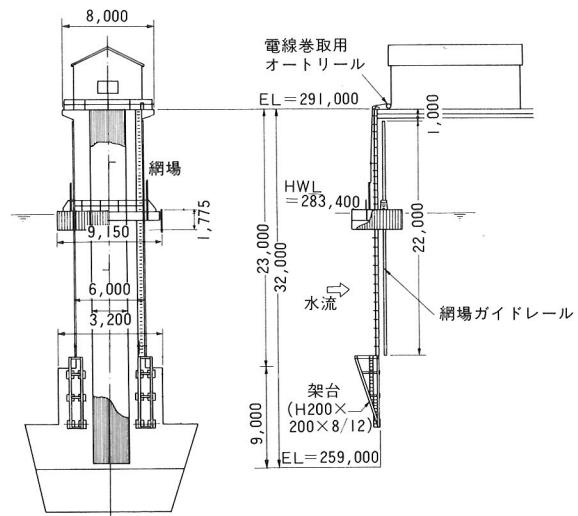


図-4 全体一般図

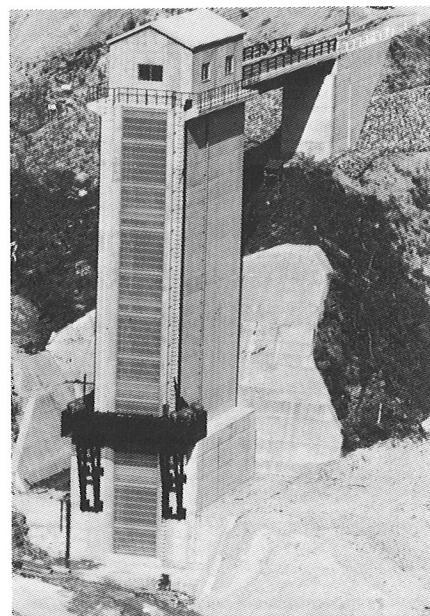


写真-3 ダム湛水を待つ網場

5. 設計

設計に当っては、浮体であることから傾斜せず、水平に浮くように、(水平に浮べた時の浮力の中心と重心が一致するように) 特に注意した。

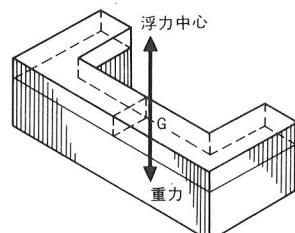


図-5 浮力中心と重心図

本体の強度については、水没時の荷重によるものを主に検討を行った。

a) ボックス構造としての外圧強度

水没時は網場上面で、水面下 2.0 m の位置になるため、図-6 のような荷重を想定し、検討した。

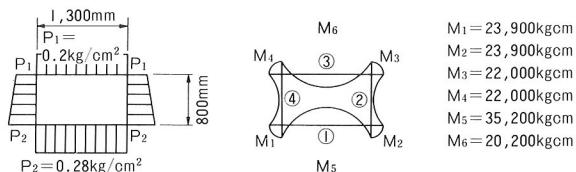


図-6 荷重図及び単位幅 1 m 当りのモーメント図

b) 平板としての強度

平板としての強度は、水門鉄管技術基準のスキンプレートと同様に考え、検討した。

$$\sigma = \frac{1}{100} \cdot k \cdot a^2 \cdot \frac{P}{t^2}$$

ここに、
P : 水圧 (kg/cm²)
t : 板厚 (cm)
a : 区画短辺 (cm)
k : 区画短辺と長辺との比によって
決まる係数
 σ : 平板としての曲げ応力
(kg/cm²)

その他、下記の項目について検討を行った。

- c) 取水時の引水による網場本体の傾斜
- d) 水没時の樹脂フロート沈下量
- e) 水没時の水中流水抵抗
- f) 浮上時の傾斜時復元力

6. 検査及び実験

このような水没式の網場は過去に例がないということや、完全密閉が基本的条件になることなどから、下記のような各種検査、試験、実験等が行われ、

- ① すみ肉溶接部磁粉探傷試験
- ② 突合せ溶接部放射線透過試験
- ③ 重量測定
- ④ 重心調整
- ⑤ ガイドレール現場据付寸法検査
- ⑥ 溝形鋼載荷試験
- ⑦ 実験水槽における動作確認試験

以下に示す結果を得た。

(1) すみ肉溶接部磁粉探傷試験

磁粉探傷試験は、水密性を必要とするすみ肉溶接線の全延長にわたって行った。判定は JIS, G 0 5 6 5 の等級分類の中で最もきびしい 1 級（線状欠陥及び円形状欠陥の磁粉模様の長さが 1 mm を超え 2 mm 以下）に基づいて行われたが、結果は全延長について合格であった。（写真-4 参照）

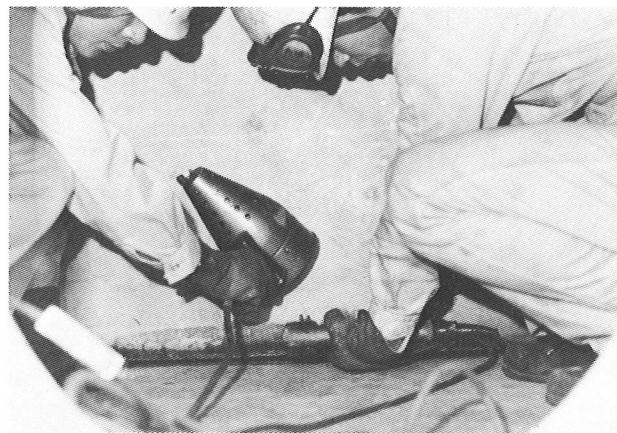


写真-4 磁粉探傷試験

(2) 突合せ溶接部放射線透過試験

放射線透過試験は、突合せ溶接線全延長 10424 mm に対して、フィルム枚数 4 枚、撮影長 1200 mm、撮影率 11.5 % で行われた。判定は当初、JIS, Z 3104 の等級分類の 2 級以上を合格としたが、撮影の結果、4 枚のフィルムとも無欠陥合格という成績を残した。

(3) 重量測定

プレートの板厚誤差等による重量誤差が、そのまま網場の沈下量に影響し、ひいては充水室容積、樹脂フロート容量にも影響することから、仮組立て時に重量測定が行われた。測定は、写真-5 のように橋形クレーンのフックに重量計をセットし、直接吊り上げ目盛を読んだ。その結果は、計算した重量に対して 0.5 % 増と、十分許容できる範囲であった。

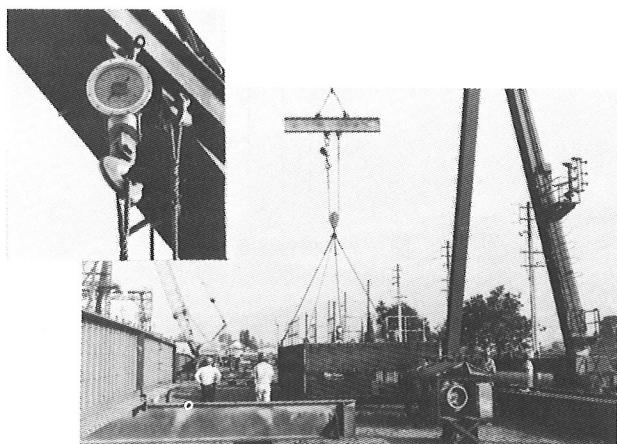


写真-5 重量測定

(4) 重心調整

浮上時、水平になるように、仮組立て時に重心調整を行った。調整は、写真-6のように平面的なX、Y軸の計算上の重心位置に支点を置き、X、Y軸それぞれのバランスがとれるまで、カウンターウェイトを網場内部の適当な位置に溶接する、といった要領で行われた。結果は、本網場の唯一の左右非対称箇所である内蔵排水ポンプの重量分、約20kg程度のカウンターウェイトで収つた。

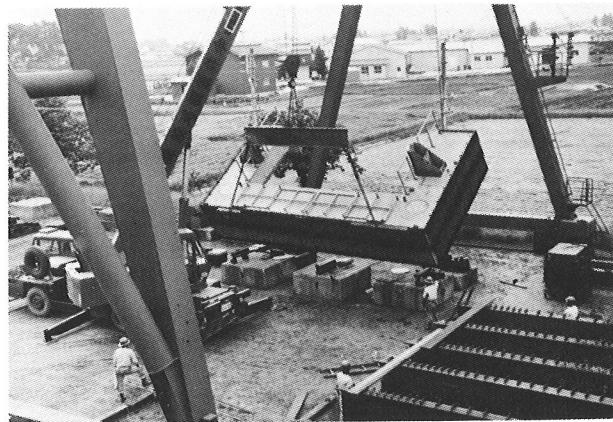


写真-6 重心調整

(5) ガイドレール現場据付寸法検査

水没時の網場の安定、及び沈下、浮上途中の網場の安定の必要上、網場本体に取付けられているガイドローラーと、取水塔に取付けられているガイドレールとの間隙は一定でなければならない。そのため、ガイドレールの取付けは精度が要求されたが、据付後の寸法検査の結果、図-7の ℓ 寸法誤差が3mm以下と十分許容できる範囲であった。

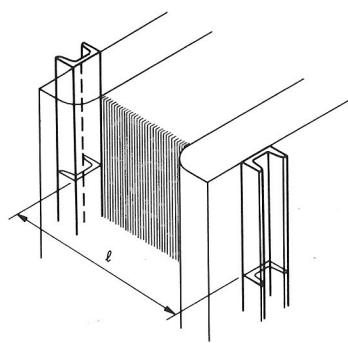


図-7 据付検査寸法

(6) 溝形鋼載荷試験

この試験は、ガイドレールに使用されている溝形鋼の強度を確認する目的で実施された。

ウェブのガイドローラーの支圧に対する強さは、図-

8のような状態で試験を行い、結果は図-9、図-10の通りであった。

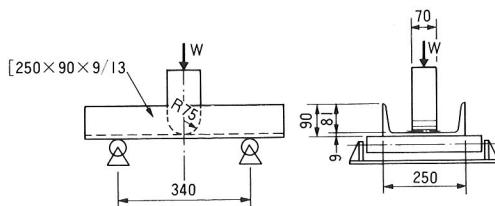


図-8 ウェブ載荷図

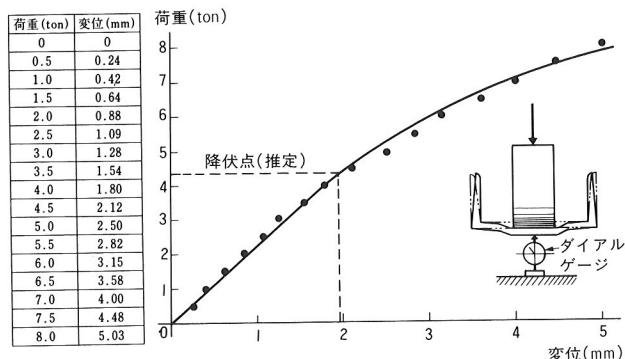


図-9 荷重-変位図

ひずみ 荷重	Amm	Xmm	Ymm
10.7ton	6.0	0	0
15.0ton	9.0	0.8	0.8
※30.0ton	23.0	9.0	10.0

※30.0tonでも破断せず

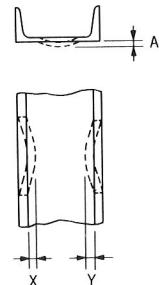


図-10 永久ひずみ量

フランジへの支圧に対する強さについては、図-11のような状態で試験を行った。結果は8tonの除荷後永久ひずみは生じなかった。

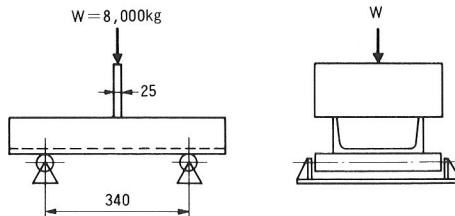


図-11 フランジ載荷図

これらの結果から、網場本体に風や波浪による荷重が作用しても、ガイドレールは十分これらに耐え得ると確認できた。

(7) 実験水槽における動作確認試験

網場の現場据付時はダム湛水前であり、湖水ではなく、機能の確認は行えなかった。また、湛水後に機能の確認

を行い、不具合が判明しても、現場の状況から、調整や補修を行うことはきわめて困難と思われた。

そこで、現場には確実に動作する製品を納めるという観点から、実験水槽において、水平浮上試験、充水水没試験、排水浮上試験の3項目の動作確認試験が行われた。

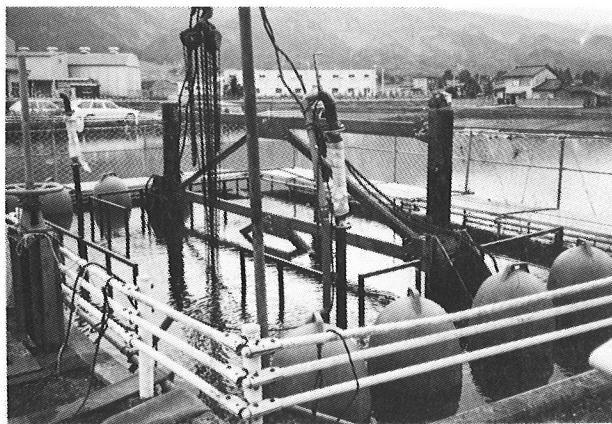


写真-7 実験水槽における動作確認試験

a) 水平浮上試験

この試験は浮上時の水平度、および2名載荷時(130kg)の傾きの程度を測定するために行われた。

図-12に測定位置を示し、結果は表-1に示す。

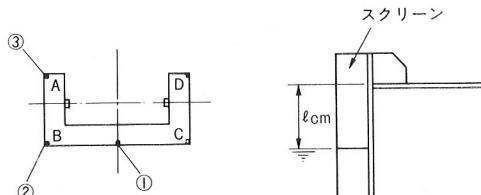


図-12 水平浮上測定位置

表-1 ℓ寸法測定結果

	A点(cm)	B点(cm)	C点(cm)	D点(cm)
載荷なし	14.6	14.6	14.4	14.1
①の位置に2名(130kg)乗	15.5	13.7	13.1	15.0
②の位置に2名(130kg)乗	14.2	12.6	14.5	15.7
③の位置に2名(130kg)乗	9.9	14.3	16.5	12.0

b) 充水水没試験

この試験は、水没までの時間を測定し、水没までの状況を表-2の項目でチェックし、次の結果を得た。

充水開始 → 本体冠水 18分40秒
本体冠水 → 完全水没 6分20秒

c) 排水浮上試験

この試験は、浮上までの時間を測定し、浮上までの状況を表-2の項目でチェックし、次の結果を得た。

排水開始 → 本体浮上 8分30秒
本体浮上 → 排水完了 18分50秒

また、浮上後の残水、水平のチェックも行い、表-3に示す結果を得た。

表-2 充水水没時、排水浮上時のチェック

	充水水没時	排水浮上時
ガイドレールのゆれ	特になし	特になし
網場の左右の傾斜	傾くが動作に異常なし	傾くが動作に異常なし
網場の前後の傾斜	傾くが動作に異常なし	傾くが動作に異常なし
大きなショック	特になし	特になし
振動	特になし	特になし

表-3 浮上後の残水、水平チェック

	A点(cm)	B点(cm)	C点(cm)	D点(cm)
載荷なし	14.4	14.4	14.2	14.0

据付後の現場では、ダム満水位を待って、機能確認試験が行われた。結果は、設計仕様通り動作し、十分満足のいくものとしてダム管理者の手に渡された。その際の水没時の姿を写真-8に示す。

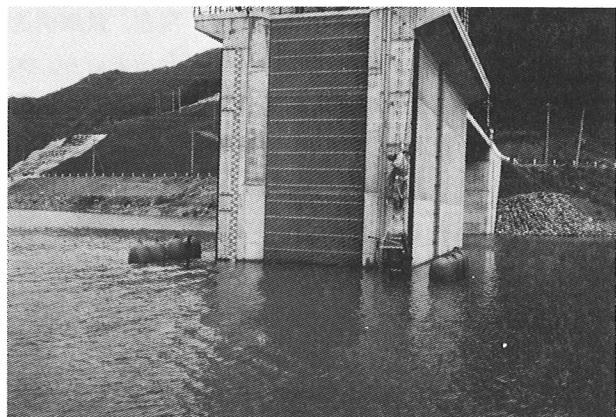


写真-8 水没時の網場

7. あとがき

以上御紹介したように、非常にユニークな方法で、積雪地域の網場の管理費を節減することができた。初めての試みとはいえ、据付後仕様通りに使用されていることから、本水没型網場は、積雪地域に適した網場の一形式と認められよう。

最後に英断をもって建設を指導いただいた富山県企業局の皆様、ならびに細心の注意をはらい施工していただいたスタッフの皆様に厚く御礼申し上げる次第である。